Sicherheitshinweis #22

Gase für supraleitende Magnete



1. Einleitung

Supraleitende Magnete werden eingesetzt in Kliniken und Arztpraxen für die Magnetresonanztomographie (MRT, engl. Magnetic Resonance Imaging MRI) und für die Strukturaufklärung chemischer Verbindungen durch Kernresonanzspektroskopie (NMR). Die Supraleitfähigkeit erfordert Temperaturen nahe dem absoluten Temperatur-Nullpunkt. Deshalb werden die Magnete mit verflüssigtem Helium bei –268 °C gekühlt, wobei die Magnetspulen in das verflüssigte Helium eintauchen.

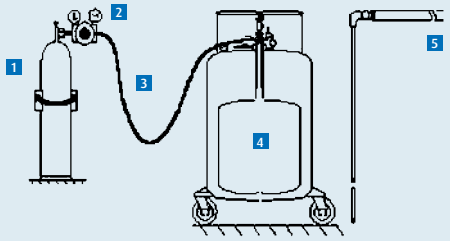
Zum Vorkühlen der Magnete beim Einschalten wird häufig verflüssigter Stickstoff verwendet. Darüber hinaus wird gasförmiges Helium benutzt zum Druckaufbau für das Umfüllen des tiefkalten verflüssigten Heliums aus den Kryobehältern in das Kühlsystem des MR-Tomographen oder Spektrometers. Linde verfügt auch über Kryobehälter mit internem Druckaufbau.

2. Verantwortlichkeiten

Jeder mit der Belieferung von Gasen für solche Magnete Betraute muss geschult sein über die Gefahren und zu treffenden Vorbeugemaßnahmen für ein sicheres Umfüllen. Die Linde-Sicherheitshinweise können helfen beim Erstellen von Betriebsanweisungen, die darüber hinaus eine Beschreibung der Anlagen und Verfahren zum Umfüllen enthalten sollten. Insbesondere wenden sich die Linde-Sicherheitshinweise auch an Einrichtungen mit MR-Tomographen.

3. Belieferung mit verflüssigtem Helium

Das Schema auf der nächsten Seite zeigt eine Anlage zum Umfüllen des verflüssigten Heliums. Hierzu wird ein Heber in die flüssige Phase des Heliums im Kryobehälter eingetaucht. Dann wird im Kryobehälter durch Einleiten von gasförmigem Helium ein leichter Druck erzeugt. Dadurch wird das verflüssigte Helium in das Kühlsystem des MR-Tomographen umgedrückt. Das Einsetzen des Hebers in den Kryobehälter erfordert eine ausreichende Raumhöhe. Auf das Einsetzen des Hebers kann bei Linde Systemen mit integriertem Heber verzichtet werden. Diese Kryobehälter verfügen bereits über ein innen liegendes Tauchrohr mit entsprechendem Kupplungsstück. Eine normale Raumhöhe ist dann ausreichend. Weiter ermöglicht dieses System einen internen Druckaufbau ohne das Anschließen einer Helium Gasflasche.



1, 2, 3 System für den Druckaufbau im Kryobehälter, 4 Kryobehälter für verflüssigtes Helium, 5 Vakuumisolierter Heber zum Eintauchen in die flüssige Phase des Kryobehälters

3.1 Kryobehälter für Stickstoff und Helium

Verflüssigtes Helium und verflüssigter Stickstoff werden in Kryobehältern mit Gewichten zwischen 100 und 500 kg geliefert. Die Behälter bestehen aus nicht rostenden Innen- und Außenbehälter aus Stahl oder aus Aluminium. Innen- und Außenbehälter sind voneinander getrennt durch eine Mehrschichtenisolierung und Hoch-Vakuum. Der Innenbehälter ist meistens nur durch seinen Hals am Außenbehälter befestigt.

Dadurch wird nur wenig Wärme von außen nach innen übertragen. Diese Kryobehälter sind nicht magnetisch. Sie können deshalb auch in der Nähe starker Magnetfelder genutzt werden. Beim Einsatz ist die Stärke des Magnetfeldes zu berücksichtigen.

3.2 Umgang mit den Kryobehältern

- Die Kryobehälter sind vorsichtig zu behandeln. Unsachgemäße Behandlung kann zu Rissen oder Brüchen führen. Die Folge wäre eine beschädigte Isolierung, so dass der Behälter repariert werden müßte. Ein beschädigter Behälter kann zu unkontrolliertem Produktaustritt und weiteren Schäden führen
- Beim Umgang mit tiefkalt verflüssigten Gasen sind Kälteschutzhandschuhe, Gesichts- und Augenschutz zu tragen. In der Nähe von starken Magneten müssen nicht-magnetische Sicherheitsschuhe getragen werden.
- Räder an den Behältern erleichtern ihre Handhabung. Die Räder müssen in gutem, leichtgängigem Zustand sein.
- Die Räder müssen festgestellt sein, wenn der Behälter abgestellt ist.
- Wird der Behälter in einem Aufzug befördert, dürfen keine Personen mitfahren. Die Zugänge zum Aufzug müssen entsprechend gekennzeichnet werden, damit keine anderen Personen den Fahrstuhl betreten.

3.3 Umgang mit Druckgasflaschen

- Werden Druckgasflaschen transportiert, müssen Sicherheitsschuhe und Arbeitshandschuhe getragen werden.
- Größere Druckgasflaschen ab 20 l oder mehr Volumen sollten in einem Flaschenwagen transportiert werden.
- Beim Transport von Druckgasflaschen müssen die Ventile geschlossen und mit einer Flaschenkappe gesichert sein.
- Druckgasflaschen sind gegen Umfallen zu sichern.

Weitere Empfehlungen enthält der Linde Sicherheitshinweis 1 „Sicherer Umgang mit Gasflaschen und Flaschenbündeln“.

4. Eigenschaften und Gefahren

Die Siedetemperatur von flüssigem Helium beträgt –269 °C und die des Stickstoffs –196 °C. Im Wesentlichen können die folgenden drei Hauptgefahren auftreten.

4.1 Gefahren durch Ersticken

Helium und Stickstoff sind farblose, nicht brennbare, nicht giftige, geruchslose Gase. Bei unkontrolliertem Austritt kann der Sauerstoffgehalt in der Luft absinken. Sinkt der Sauerstoffgehalt unter 17 %, so wird die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit zunehmend vermindert. Bei 10 % können Betroffene bewußtlos werden. Unterhalb von 6–8 % kann bereits nach wenigen Minuten Tod durch Ersticken eintreten. Gerade tiefkalte Gase breiten sich sehr schnell in Räumen aus. Deshalb sollte eine Gaswarnanlage rechtzeitig vor Sauerstoffmangel warnen. Der Ausfall der Ventilation sollte durch eine Alarmeinrichtung gemeldet werden.

Führt nur eine Person das Umfüllen aus, so muss diese Person eine tragbare Personennotsignalanlage mitführen. Weitere Empfehlungen enthält der Linde Sicherheitshinweis 10 „Sauerstoffmangel“.

4.2 Kaltverbrennungen

Verflüssigte Gase oder kalter Dampf kann Verletzungen hervorrufen. Das Krankheitsbild ist ähnlich zu normalen Verbrennungen. Diese Verbrennungen werden als Kaltverbrennungen bezeichnet. Der Grad der Verletzung hängt vom Gas, der Temperatur und der Dauer des Einwirkens ab. Nackte oder unzureichend geschützte Haut friert durch in ihr enthaltene Feuchtigkeit an nicht isolierten Leitungen oder Anlagenteile fest. Ein Wegziehen ist nicht möglich.



Warnung vor Kälte

Deshalb sind Kälteschutzhandschuhe und Augenschutz bei dieser Arbeit zwingend zu tragen. Der Linde Sicherheitshinweis 12 „Umgang mit tiefkalt verflüssigten Gasen“ enthält weitere Informationen über Gefahren und Erste-Hilfe-Maßnahmen.

4.3 Gefahr durch Bersten

Anlagen für tiefkalte Gase und Kryobehälter haben entweder eine Öffnung oder sind mit Sicherheitsarmaturen ausgerüstet, so dass ein Bersten der Behälter durch Druckaufbau infolge verdampfenden Gases vermieden wird. Die Öffnungen dürfen nicht verschlossen sein bzw. Sicherheitsausrüstungen müssen sich in einem einwandfreien Zustand befinden.

5. Gefahren durch das magnetische Feld

Die MRT- und NMR-Anlagen haben ein sehr starkes Magnetfeld, das alle magnetischen Gegenstände heftig anzieht. Personen könnten von umher fliegenden Gegenständen getroffen werden oder selbst angezogen werden. Sowohl große Gegenstände wie Flaschen oder Feuerlöscher wie auch kleinere Gegenstände sind betroffen. Magnetresonanztomographie wird seit vielen Jahren erfolgreich angewandt. Gesundheitliche Schäden durch die Nähe zu den Magnetfeldern sind nicht bekannt.

Nichtsdestoweniger ist zu beachten:

- Personen, welche über längere Zeit den starken Magnetfeldern ausgesetzt sind, müssen zuvor an einer medizinischen Vorsorgeuntersuchung teilgenommen haben.
- Personen mit einem Herzschrittmacher, Hörgeräten wie auch mit Schrauben oder Platten im Körper dürfen diesen Magnetfeldern nicht ausgesetzt werden.
- Sowohl Personen mit Herzrhythmusstörungen, Blutarmut und Spasmen wie auch schwangere Frauen dürfen MRT-Räume nur nach ärztlicher Freigabe betreten.
- Karten mit Magnetstreifen können ihre Information verlieren.
- Gasflaschen aus Stahl dürfen nicht im Raum stehen, wenn die Magnete eingeschaltet sind. Ein Zwischenfall ereignete sich beispielsweise als während eines Notfalls eine Aluminiumflasche mit einem Druckminderer aus Stahl in den MRT-Raum gebracht wurde.
- Materialien wie magnetische Werkzeuge oder Stifte dürfen nicht im MRT-Raum sein.
- Bestandteile einer Notfallausrüstung, dürfen nur in MRT-Räume gebracht werden, wenn sie nicht magnetisch und entsprechend gekennzeichnet sind.

6. Gefahren beim Umfüllen

- Das Umfüllen von verflüssigtem Helium darf nur von trainiertem und erfahrenem Personal durchgeführt werden.
- Beim Umfüllen sind die Vorgaben der Betriebsanleitung des Herstellers einzuhalten.
- Das Umfüllen mit Hilfe des warmen, gasförmigen Heliums zum Druckaufbau muss beendet sein, bevor warmes, gasförmiges Helium in das Kühlsystem des MR-Tomographen gelangt.
- Bei Undichtheiten können große Menge Helium unkontrolliert austreten.
- Erreicht die äußere Oberfläche der Leitungen oder Ausrüstungsgegenstände die Siedetemperatur des Heliums von –269 °C, so kondensiert die umgebende Luft mit der Gefahr der Sauerstoffanreicherung.
- Der Eintritt von Luft in die Leitung ist zu vermeiden wegen einer möglichen Bildung von Eispfropfen.

7. Referenzen

- Sicherheitshinweis 12 „Umgang mit tiefkalt verflüssigten Gasen“
- Sicherheitshinweis 10 „Sauerstoffmangel“
- Sicherheitshinweis 1 „Sicherer Umgang mit Gasflaschen und Flaschenbündeln“

Linde GmbH
Gases Division, Seitnerstraße 70, 82049 Pullach
Telefon +49 89 7446-0, linde-gas.de

Das Linde Logo und das Wort Linde sind Marken oder registrierte Marken der Linde plc oder der mit ihr verbundenen Unternehmen. Copyright © 2010–2026. Linde plc.

Making our world more productive

LBSS03_1026